

ISSN 2085-2916 e-ISSN 2337-3652
Tersedia daring <http://jai.ipb.ac.id>

J. Agron. Indonesia, Desember 2019, 47(3):232-239
DOI: <https://dx.doi.org/10.24831/jai.v47i3.26076>

Seleksi Simultan Karakter Daun Mengering dan Produktivitas pada Galur-galur Padi

Simultaneous Selection of Leaf Drying and Yield Traits on Rice Lines

Rina Hapsari Wening^{1,3}, Bambang Sapta Purwoko^{2*}, Willy Bayuardi Suwarno²,
Indrastuti Apri Rumanti³, dan Nurul Khumaida²

¹Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

³Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Jl. Raya 9, Sukamandi, Subang, Jawa Barat 41256, Indonesia

Diterima 5 Mei 2019/Disetujui 26 November 2019

ABSTRACT

Drought is an important constraint for rice production in rainfed lowland and shallow freshwater swamp. The area often experiences drought stress at the generative stage of the plants. This study aimed at selecting adaptive lines to terminal drought and formulating a multiple regression model to estimate the productivity under drought stress conditions at the generative stage. The experiment was conducted in a greenhouse of the Indonesian Center for Rice Research, Subang, West Java, using an augmented design with five blocks. The genetic material used was ninety-nine lines and four checks varieties, namely Inpari 30, Limboto, Salumpikit, and IR 20. The model was formulated using stepwise regression analysis. Based on this study, ten lines were adapted to drought stress at the generative stage, namely B13983E-KA-12-2, B13926E-KA-13, B13507E-MR-19, B14366E-KY-50, B14366E-KY-37, IR86384-46-3-1-B, BP20452e-PWK-0-SKI-1-1, BP20452e-PWK-0-SKI-2-4, BP20452e-PWK-0-SKI-3-3, and BP29790d-PWK-3-SKI-1-5. The B13507E-MR-19 had the highest productivity (4.02 ton ha⁻¹) under drought stress conditions. Yield under drought stress in the greenhouse could be predicted using a linear regression model involving plant height at early vegetative stage, plant height up to the panicle, tiller number at early vegetative stage, tiller number at late vegetative stage, tiller number at flowering, heading time, number of filled grain, and panicle exertion length. This model was able to explain 75.92% of yield variation. Potential rice lines and the regression model obtained are expected to contribute to the development of rice varieties adaptive to drought.

Keywords: drought tolerant, freshwater swamp, rainfed, regression model

ABSTRAK

Salah satu kendala penting dalam budidaya padi di lahan sawah tadah hujan dan rawa lebak dangkal adalah kekeringan pada saat tanaman berada pada fase generatif. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan galur-galur yang adaptif terhadap cekaman kekeringan dan menyusun model regresi berdasarkan beberapa karakter untuk menduga produktivitas tanaman padi pada kondisi cekaman kekeringan fase generatif. Percobaan dilaksanakan di rumah kaca BB Padi Subang, Jawa Barat, menggunakan rancangan augmented dengan 5 blok. Materi genetik yang diuji adalah 99 galur padi dan 4 varietas pembanding yaitu Inpari 30, Limboto, Salumpikit, dan IR20. Penyusunan model dilakukan melalui analisis regresi stepwise. Hasil penelitian diperoleh sepuluh galur yang adaptif terhadap cekaman kekeringan fase generatif yaitu B13983E-KA-12-2, B13926E-KA-13, B13507E-MR-19, B14366E-KY-50, B14366E-KY-37, IR86384-46-3-1-B, BP20452e-PWK-0-SKI-1-1, BP20452e-PWK-0-SKI-2-4, BP20452e-PWK-0-SKI-3-3, dan BP29790d-PWK-3-SKI-1-5. Galur B13507E-MR-19 memiliki produktivitas tertinggi yaitu 4.02 ton ha⁻¹ pada kondisi cekaman kekeringan. Hasil pada kondisi cekaman kekeringan di rumah kaca dapat diprediksi melalui suatu model regresi yang melibatkan tinggi tanaman fase vegetatif awal, tinggi tanaman hingga malai tertinggi, jumlah anakan fase vegetatif awal, jumlah anakan fase vegetatif akhir, jumlah anakan fase berbunga, umur berbunga 100%, jumlah gabah isi per malai, dan panjang leher malai. Model tersebut mampu menjelaskan 75.92% keragaman hasil. Galur-galur potensial dan model regresi yang diperoleh diharapkan dapat berkontribusi dalam perakitan varietas padi adaptif cekaman kekeringan.

Kata kunci: model regresi, rawa lebak, tadah hujan, toleran kekeringan

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: bspurwoko@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan makanan pokok bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Pada tahun 2018 produksi padi nasional mencapai 56.54 juta ton atau sekitar 34 juta ton beras dengan luas total produksi 10.9 juta ha dan produktivitas 5.2 ton ha⁻¹ (BPS, 2018). Pertambahan penduduk mengharuskan peningkatan produksi padi untuk mencukupi kebutuhan pangan nasional. Pergeseran lahan dari lahan pertanian ke non pertanian beberapa tahun terakhir juga semakin meningkat dan sebagian besar terjadi di lahan subur yaitu lahan sawah irigasi. Upaya peningkatan produksi padi dilakukan dengan budidaya pada lahan marginal, seperti lahan rawa dan sawah tadah hujan, untuk menjaga ketahanan pangan.

Lahan sawah tadah hujan dan rawa lebak dangkal memiliki beberapa kendala, yang utama ialah kekeringan. Lahan tersebut seringkali mengalami cekaman kekeringan pada saat tanaman berada pada fase generatif (*terminal drought*), sementara fase tersebut merupakan periode kritis tanaman padi terhadap cekaman kekeringan. Menurut Akram *et al.* (2013) kekeringan pada fase generatif akan berdampak serius terhadap pertumbuhan tanaman padi. Xangsayasane *et al.* (2014) melaporkan bahwa pada kekeringan *intermittent* (berselang-seling) dan *terminal drought* (kekeringan pada fase generatif) menurunkan hasil padi 13 hingga 35% pada musim hujan dan 34 hingga 59% pada musim kering.

Kekeringan akan berdampak pada perkembangan sel. Menurut Lyndon (1990) laju perkembangan dan pemanjangan sel tergantung dari elastisitas dinding sel dan selisih antara tekanan turgor dengan tekanan yang harus dilewati, agar terjadi proses pertumbuhan. Dengan demikian tekanan turgor dalam sel harus lebih tinggi untuk menghasilkan pertumbuhan. Tekanan turgor tergantung dari jumlah air yang ada di dalam sel. Translokasi fotosintat dari *source* ke *sink* juga memerlukan air, sehingga hasil gabah atau produktivitas gabah sebagai hasil akhir dari pertumbuhan dan perkembangan sel sangat ditentukan oleh ketersediaan air.

Berger *et al.* (2016) menyatakan bahwa pada dasarnya tanaman tidak memiliki sumber daya dan morfologi yang cukup baik untuk dapat bertahan hidup pada kekeringan dengan periode waktu yang panjang. Menurut Pandey dan Shukla (2015), pada cekaman *terminal drought*, potensi hasil dapat dipertahankan pada tanaman yang *escape* atau mampu menunda cekaman kekeringan. Hal tersebut dilakukan dengan memperpanjang umur panen dan mengalihkan energi dari *source* yang disebut dengan istilah *maladaptive*. Cekaman kekeringan berdampak terhadap karakter morfologi, fisiologi, biokimia dan molekuler yang pada akhirnya berakibat pada hasil. Pada karakter morfologi, kekeringan akan menurunkan perkecambahan, tinggi tanaman, biomassa, jumlah anakan, dan perubahan karakter daun dan akar.

Lahan sawah tadah hujan dan rawa lebak memerlukan varietas yang adaptif terhadap kekeringan untuk menanggulangi permasalahan kekeringan di lahan tersebut. Varietas tersebut dapat diperoleh melalui seleksi secara simultan terhadap galur-galur harapan tanaman padi. Hasil

persilangan antar tetua yang toleran terhadap cekaman abiotik (salah satunya kekeringan) dalam program perakitan varietas padi rawa dan padi tadah hujan telah menghasilkan galur-galur harapan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keragaman dan parameter genetik galur-galur yang diuji, korelasi antar karakter morfologi dan agronomi dengan produktivitas, serta mendapatkan galur-galur yang adaptif terhadap cekaman kekeringan. Berdasarkan karakter yang diamati, akan diperoleh pula model regresi untuk menduga produktivitas tanaman padi pada kondisi cekaman kekeringan fase generatif.

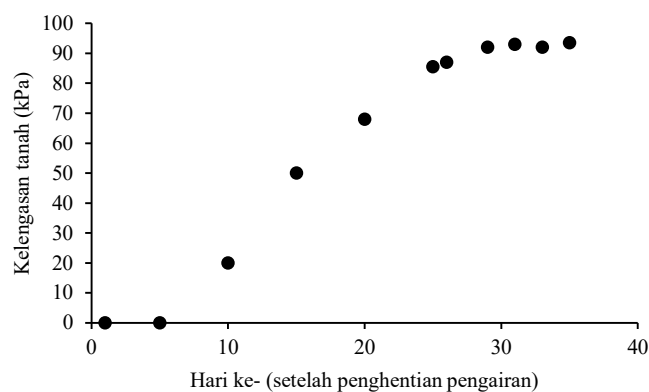
BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan di rumah kaca Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi), Sukamandi, Subang, Jawa Barat, mulai bulan Mei hingga Oktober 2018. Percobaan dilakukan secara artifisial dengan media tanam yaitu *raised bed system* untuk memudahkan proses pengeringan. Media terdiri atas tiga lapisan. Lapisan paling bawah berupa kerakal setebal kurang lebih 3 hingga 5 cm, lapisan kedua berupa pasir setebal 1 hingga 2 cm dan lapisan teratas yaitu tanah sawah setebal 25 cm. Media skrining kekeringan dibuat di dalam rumah kaca untuk melindungi tanaman dari hujan.

Genotipe yang digunakan sebanyak 99 galur ditambah dengan 4 varietas pembanding yaitu Inpari 30 (varietas populer), Limboto (varietas pembanding toleran), Salumpikit (varietas pembanding toleran), dan IR20 (varietas pembanding peka). Genotipe-genotipe yang diuji dipindah tanam pada umur 19 HSS dalam barisan 16 tanaman setiap genotipe dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm. Percobaan disusun secara *augmented* dengan 5 blok. Pengelompokan blok ditentukan berdasarkan jenis umur tanaman tiap galur: blok 1 bagi galur-galur yang berumur paling dalam, hingga blok 5 bagi galur-galur yang berumur paling genjah.

Semai dan pindah tanam dengan menggunakan bibit berumur 19 hari setelah semai, dilakukan secara bertahap (*staggered planting*). Hal tersebut dilakukan agar penghentian pengairan dapat dilakukan secara serentak dengan tujuan tiap genotipe mendapatkan cekaman kekeringan pada tahap yang sama yaitu pada fase generatif atau pada kisaran umur *anthesis*. Pemupukan diberikan sebanyak dua kali per blok yaitu pada saat kurang lebih 2 minggu setelah tanam dan pada saat anakan maksimum sebelum penghentian pengairan atau kurang lebih 5 minggu setelah tanam. Pemupukan pertama menggunakan NPK dengan dosis 100 kg ha⁻¹ ditambah SP18 dengan dosis 50 kg ha⁻¹. Pemupukan kedua menggunakan NPK dengan dosis 100 kg ha⁻¹. Penghentian pengairan dilakukan pada umur 6 minggu setelah tanam dari blok galur yang sangat genjah. Hal tersebut dilakukan agar ketika berbunga media tanam sudah kering mengingat perlu waktu untuk mengeringkan tanah hingga mencapai 60 kPa (kilo Pascal). Pengeringan dilakukan hingga panen. Pengukuran kelengasan tanah dilakukan menggunakan Irrometer secara berkala sehingga derajat kelengasan tanah dapat dipantau (Gambar 1).

Pengamatan dilakukan terhadap karakter morfologi dan agronomi meliputi: skoring menggulung (0 = daun sehat;



Gambar 1. Kelengasan tanah setelah dilakukan penghentian pengairan

1 = daun mulai menggulung berbentuk V dangkal, 3 = daun mulai menggulung berbentuk V dalam; 5 = daun menggulung berbentuk U; 7 = daun menggulung dimana tepi daun saling menyentuh, berbentuk O; 9 = daun menggulung penuh) dan mengeringnya daun (0 = tidak ada gejala; 1 = ujung daun mengering; 3 = $\frac{1}{4}$ ujung daun mengering; 5 = $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ ujung daun mengering; 7 = $\frac{1}{2}$ - $\frac{2}{3}$ ujung daun mengering; 9 = semua daun mengering) berdasarkan *Standard Evaluation System* (IRRI, 2014). Selain itu dilakukan pula pengamatan terhadap tinggi tanaman (cm), jumlah anakan, umur berbunga, umur masak, panjang malai (diukur dari leher malai hingga ujung malai), panjang leher malai (diukur dari leher daun hingga leher malai), jumlah gabah isi per malai, jumlah gabah hampa per malai, bobot 1,000 butir, bobot per rumpun, dan bobot per plot yang selanjutnya dikonversi ke produktivitas (ton ha^{-1}).

Analisis ragam, uji beda nyata terkecil, serta pendugaan komponen ragam dan heritabilitas arti luas dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SAS. Analisis korelasi dilakukan dengan metode Pearson untuk mengetahui hubungan antar karakter kuantitatif, dan dengan metode Spearman untuk mengetahui hubungan antar karakter kualitatif dengan hasil. Analisis korelasi tersebut dilakukan menggunakan perangkat lunak STAR.

Galur-galur yang adaptif terhadap cekaman kekeringan pada fase generatif diperoleh berdasarkan karakter skor mengering dan produktivitas. Kedua karakter tersebut distandarisasi menggunakan nilai $Z = (\text{nilai } x - \text{rata-rata nilai } x) / \text{standar deviasi nilai } x$. Selanjutnya nilai Z dari dua karakter tersebut dilihat sebarannya menggunakan diagram tebar (*scatter plot*). Pemilihan model regresi untuk memprediksi hasil tanaman padi pada kondisi tercekam kekeringan di rumah kaca dilakukan menggunakan metode *stepwise regression* berdasarkan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC), menggunakan perangkat lunak STAR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaman, Parameter Genetik, dan Korelasi

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antar varietas pembanding yang digunakan hampir

pada seluruh karakter yang diamati kecuali pada karakter tinggi tanaman pada saat vegetatif awal, jumlah gabah isi per malai, produktivitas, dan skor menggulungnya daun. Hal tersebut dapat dipahami karena varietas pembanding yang digunakan sangat beragam yang meliputi varietas pembanding toleran yaitu Limboto dan Salumpikit, varietas pembanding peka yaitu IR20, dan varietas populer yaitu Inpari 30. Antar galur yang diuji terdapat perbedaan yang nyata pada karakter bobot 1,000 butir, panjang leher malai, dan produktivitas (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat keragaman yang tinggi pada karakter tersebut.

Hasil analisis ragam juga menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar blok. Adanya perbedaan yang nyata antar blok pada karakter jumlah anakan fase vegetatif maksimum, jumlah anakan produktif dan produktivitas diduga disebabkan sistem tanam *staggered planting* dan perbedaan kelengasan tanah antar blok. Varietas pembanding dengan umur dalam yaitu IR20 ditanam bersamaan pada semua blok, sehingga pada blok 3, 4, dan 5 ditanam lebih awal dibandingkan galur-galur lainnya. Hal tersebut menghasilkan varietas pembanding tersebut memiliki anakan yang lebih banyak dibandingkan pada blok 1 dan 2. Sistem tanam ini berhasil memberi perlakuan kekeringan pada fase pertumbuhan yang hampir sama terhadap semua galur yang diuji atau sesuai target, meskipun menyebabkan perbedaan antar blok pada karakter jumlah anakan.

Karakter jumlah anakan produktif memiliki koefisien keragaman (KK) yang tinggi yaitu 32.19 dengan heritabilitas yang rendah yaitu 8.35%. Seperti halnya hasil penelitian Hapsari dan Adie (2010) pada tanaman kedelai, karakter jumlah cabang memiliki KK yang lebih tinggi dibandingkan karakter lainnya yaitu 13.94 dengan nilai heritabilitas paling rendah dibanding karakter lainnya yaitu 31.96%. Koefisien keragaman menunjukkan pengaruh lingkungan antar blok. Hal tersebut dapat pula mencerminkan seberapa besar pengaruh lingkungan mempengaruhi fenotipe. Oleh karena itu pada umumnya karakter yang memiliki koefisien keragaman yang rendah akan menghasilkan heritabilitas yang tinggi dan sebaliknya. Heritabilitas menunjukkan besarnya peranan genetik terhadap kemajuan seleksi. Mengacu pada Acquah (2012) nilai heritabilitas pada penelitian ini diperoleh dengan membandingkan ragam genotipe terhadap ragam fenotipe yang merupakan penjumlahan dari ragam genotipe dengan lingkungan.

Analisis heritabilitas dilakukan untuk memprediksi ekspresi fenotipik generasi berikutnya yang dikendalikan oleh nilai pemuliaan (*breeding value*). Hasil penelitian menunjukkan nilai heritabilitas yang bervariasi untuk setiap karakter (Tabel 1). Pada penelitian ini nilai heritabilitas yang rendah ditunjukkan pada karakter tinggi tanaman dan jumlah anakan fase vegetatif awal, jumlah anakan produktif, jumlah gabah isi per malai, dan produktivitas. Nilai heritabilitas yang tinggi ditunjukkan pada karakter bobot 1,000 butir (72.15%) dan panjang leher malai (70.74%), serta skor mengering (56.05%). Karakter yang lain menunjukkan heritabilitas yang sedang dengan nilai 20-50% (Tabel 1). Sementara itu Kumar *et al.* (2014) melaporkan bahwa hasil gabah dibawah cekaman kekeringan pada fase generatif memiliki nilai heritabilitas yang sedang. Arif *et al.* (2014) juga melaporkan

bahwa karakter bobot buah pada tanaman cabai juga memiliki heritabilitas yang rendah. Berbeda dengan hasil penelitian Barmawi *et al.* (2013) yang menyebutkan bahwa jumlah polong dan jumlah biji per tanaman pada komoditas kedelai memiliki heritabilitas yang tinggi yang berdampak pada kemajuan seleksi yang tinggi. Hasil penelitian Effendy *et al.* (2018) juga menyebutkan bahwa bobot buah ciplukan per tanaman memiliki heritabilitas yang tinggi yaitu 93%. Menurut Acquaaah (2012), nilai heritabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa suatu karakter lebih dipengaruhi oleh

faktor genetik, sedangkan nilai heritabilitas yang rendah menunjukkan bahwa suatu karakter lebih dipengaruhi oleh faktor lingkungan.

Analisis korelasi dilakukan untuk melihat keeratan hubungan antar karakter yang diamati dengan produktivitas gabah, akibat cekaman kekeringan pada fase generatif. Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif pada karakter jumlah gabah hampa, skor menggulung dan mengering, sedangkan karakter yang lain memiliki korelasi yang positif dengan produktivitas gabah

Tabel 1. Pengaruh blok, varietas pembanding, galur, serta heritabilitas dan korelasi antar karakter dengan produktivitas padi

Karakter	Blok	Varietas pembanding	Galur	KK	H ² bs	Korelasi dengan produktivitas
Karakter tinggi tanaman						
TTveg1	0.33	2.65	0.63	15.93	0.00	0.63**
TTveg2	1.85	13.46**	1.63	6.90	33.60	0.49**
TTfl	1.04	9.66**	0.89	8.85	32.98	0.61**
Ttdaun	1.29	13.05**	1.35	7.74	37.40	0.65**
Ttmalai	1.42	7.78**	1.54	8.80	29.77	0.80**
Karakter jumlah anakan						
JAveg1	2.06	4.56*	0.71	30.30	12.76	0.73**
JAveg2	10.12**	36.60**	2.14	14.44	43.88	0.41**
JAfl	2.50	5.15*	0.73	24.83	20.41	0.46**
JAP	5.99**	4.98*	0.68	32.19	8.35	0.65**
Karakter komponen hasil						
Gabsi	0.15	0.14	0.98	26.41	0.00	0.62**
Gabham	0.77	13.59**	0.84	46.27	42.00	-0.25*
FM	1.36	6.46**	0.65	25.29	27.57	0.45**
B1,000	0.60	16.70**	2.89*	6.19	72.15	0.05tn
PM	1.15	19.35**	1.28	7.05	47.38	0.51**
PLM	0.44	15.33**	2.54*	-121.99	70.74	0.44**
Produktivitas	6.77*	3.87	3.94*	25.03	0.00	1.00
Karakter umur berbunga dan umur masak						
UMB	1.77	15.03**	0.86	5.38	44.84	0.40**
UB50	1.84	15.05**	0.76	5.38	46.65	0.34**
UB100	1.33	13.17**	0.64	5.39	42.99	0.42**
UM	2.51	12.88**	0.54	6.23	34.54	0.54**
Karakter menggulung mengering						
Gulung	1.05	3.40	1.30	35.97	44.99	-0.02tn
Kering	0.38	10.71**	1.65	46.33	56.05	-0.08tn

Keterangan: KK = koefisien keragaman; h²bs = heritabilitas arti luas, * = nyata pada taraf 5%; ** = nyata pada taraf 1%; TTveg1 = tinggi tanaman pada fase vegetatif awal (cm); TTveg2 = tinggi tanaman pada fase vegetatif akhir (cm); TTfl = tinggi tanaman pada fase pembungaan; TTdaun = tinggi tanaman hingga daun tertinggi yang diukur sebelum panen; Ttmalai = tinggi tanaman hingga malai tertinggi yang diukur sebelum panen; JAveg1 = jumlah anakan pada fase vegetatif awal; JAveg2 = jumlah anakan pada fase vegetatif akhir; JAfl = jumlah anakan pada fase berbunga; JAP = jumlah anakan produktif yang diamati sebelum panen; Gabsi = jumlah gabah isi per malai; Gabham = jumlah gabah hampa per malai; FM = fertilitas malai; B1,000 = bobot 1,000 butir gabah; PM = panjang malai; PLM = panjang leher malai; Produktivitas = gabah kering (ton ha⁻¹); UMB = umur mulai berbunga; UB50 = umur berbunga 50%; UB100 = umur berbunga 100%; UM = umur masak; Gulung = skor menggulung; Kering = skor mengering

di bawah kondisi cekaman kekeringan fase generatif (Tabel 1). Korelasi yang positif menandakan bahwa semakin meningkat nilai suatu variabel maka akan meningkatkan nilai variabel lainnya dalam hal ini produktivitas, dan sebaliknya. Akbar *et al.* (2018) menyampaikan bahwa analisis korelasi dapat digunakan sebagai penentu kriteria seleksi dalam program pemuliaan tanaman. Hasil penelitian Safitri *et al.* (2011) menunjukkan bahwa jumlah anakan produktif, jumlah gabah isi per malai, dan bobot 1,000 butir gabah memiliki korelasi positif dan dapat digunakan sebagai kriteria seleksi dalam upaya meningkatkan hasil gabah per rumpun pada tanaman padi. Arah seleksi dilakukan dengan melihat besaran nilai korelasi. Karakter dengan nilai korelasi tinggi dan positif terhadap produktivitas, dapat digunakan sebagai kriteria seleksi.

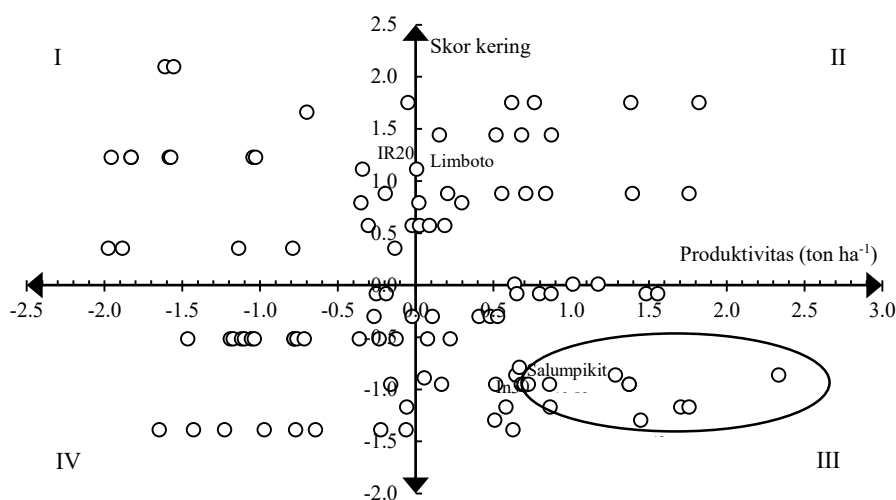
Adaptabilitas dan Karakterisasi Morfologi serta Agronomi Galur-Galur Padi pada Lingkungan Cekaman Kekeringan Fase Generatif

Varietas yang dijadikan sebagai standar toleran kekeringan pada penelitian ini adalah Limboto dan Salumpikit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Salumpikit memiliki produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan Limboto serta memiliki keragaan yang lebih baik yang ditunjukkan dengan skor mengering yang rendah (Gambar 2). Sebaran galur-galur padi yang diuji berdasarkan nilai produktivitas dan skor mengering yang sudah distandarisasi dapat dilihat pada Gambar 2. Dari sebaran tersebut diperoleh kurang lebih sepuluh galur yang dapat dikatakan adaptif terhadap cekaman kekeringan pada fase generatif (Tabel 2). Sepuluh galur tersebut memiliki produktivitas yang lebih tinggi dan skor mengering yang lebih baik dibandingkan Salumpikit. Galur-galur tersebut memiliki kemampuan untuk tetap menghasilkan hasil gabah yang tinggi meskipun tumbuh pada kondisi cekaman kekeringan, oleh karenanya disebut adaptif terhadap cekaman kekeringan. Diantara ke sepuluh galur tersebut hanya ada satu galur yang memiliki produktivitas nyata lebih tinggi dibandingkan pembanding

terbaik Salumpikit yaitu B13507E-MR-19 (galur 25) yang menghasilkan produktivitas sebesar 4.02 ton ha⁻¹ (Tabel 2). Menurut Ahadiyat *et al.* (2014) dan Maisura *et al.* (2014) produksi padi akan berkurang apabila terkena cekaman kekeringan. Tanaman padi dikatakan adaptif terhadap cekaman kekeringan jika mempunyai produktivitas yang tinggi pada kondisi tersebut. Penampilan tanaman yang mengering dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa ke sepuluh galur terpilih memiliki jumlah anakan produktif dan jumlah gabah isi per malai yang lebih banyak dibandingkan varietas Salumpikit, sehingga produktivitasnya lebih tinggi dibandingkan Salumpikit. Kesepuluh galur yang terpilih juga memiliki panjang malai yang lebih panjang dibandingkan Salumpikit. Pada karakter panjang leher malai, beberapa galur terpilih memiliki nilai negatif yang artinya malai tidak eksersi. Meskipun panjang leher malai berkorelasi positif dengan produktivitas, namun pada galur-galur terpilih memiliki jumlah gabah isi dan jumlah anakan produktif yang cukup banyak, sehingga hal tersebut dapat dikompensasi untuk tetap menghasilkan produktivitas yang tinggi. Varietas IR20 merupakan varietas pembanding peka yang biasa digunakan dalam penelitian skrining kekeringan, dan terbukti pada penelitian ini dengan nilai produktivitas yang rendah. Jumlah gabah hampa per malai dari varietas IR20 sangat banyak sehingga fertilitas malainya sangat rendah. Sujinah dan Jamil (2016) menyatakan bahwa cekaman kekeringan akan berdampak pada menurunnya jumlah anakan dan tinggi tanaman, serta mengubah partisi asimilat.

Berdasarkan pengamatan visual yang diamati pada penelitian ini, cekaman kekeringan menyebabkan daun bendera mengering lebih cepat. Hal tersebut diduga menjadi penyebab bobot 1,000 butir galur-galur yang diuji relatif lebih kecil, berkisar antara 17.2-24.5 g (Tabel 2). Menurut Napisah (2016), pada kondisi optimal dengan teknologi pengelolaan tanaman terpadu, bobot 1,000 butir Inpari 30 dapat mencapai 25.22 g, sedangkan pada penelitian ini hanya 21.9 g. Pandey dan Shukla (2015) berpendapat



Gambar 2. Sebaran galur-galur padi yang diuji berdasarkan produktivitas dan skor mengeringnya daun



Gambar 3. Penampilan tanaman mengering

bahwa pada kondisi kekeringan fungsi daun bendera sangat penting dalam proses pengisian gabah, terutama peranannya dalam menjaga sintesis dan transport asimilat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa galur-galur terpilih memiliki skor mengering antara 0.7 hingga 1.7 (nilai *adjusted*) yang berarti ujung daunnya saja yang mengering. Hal tersebut berarti bahwa hanya sebagian kecil dari daun saja yang mengalami kekeringan. Palit *et al.* (2015) menyatakan bahwa tanaman yang terus menerus mengalami kekeringan akan terlihat layu atau mengering karena turunnya potensial air.

Pada hasil penelitian ini, beberapa galur terpilih menunjukkan nilai skor menggulung antara 1.6 hingga 8.3 (nilai *adjusted*). Skor menggulung bernilai 1 menandakan bahwa daun membentuk huruf V dangkal, sedangkan skor

menggulung bernilai 8 menandakan bahwa daun menggulung penuh (IRRI, 2014). Menggulungnya daun merupakan upaya tanaman untuk menghindari kekeringan dengan menurunkan transpirasi. Berkurangnya laju transpirasi akan mempertahankan ketersediaan air dalam sel tanaman. Pandey dan Shukla (2015) menyatakan bahwa cekaman kekeringan pada padi akan menyebabkan perubahan morfologi, salah satunya meningkatnya penggulangan daun. Menurut Han *et al.* (2018) menggulungnya daun merupakan fenomena hidronasti yang bertujuan untuk mengurangi paparan cahaya, transpirasi dan dehidrasi daun.

Model Regresi Untuk Menduga Produktivitas Gabah

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa karakter-karakter yang memiliki hubungan linier antara lain tinggi tanaman saat vegetatif awal, tinggi tanaman hingga malai tertinggi, jumlah anakan pada fase vegetatif awal, jumlah anakan pada fase vegetatif akhir, jumlah anakan pada saat berbunga, umur berbunga 100%, jumlah gabah isi, dan panjang leher malai (Tabel 3). Model yang dapat disusun berdasarkan karakter tersebut adalah sebagai berikut, $Y = -6.2 - 0.03(\text{tinggi tanaman fase vegetatif awal}) + 0.04(\text{tinggi tanaman hingga malai tertinggi}) + 0.22(\text{jumlah anakan fase vegetatif awal}) - 0.11(\text{jumlah anakan fase vegetatif akhir}) + 0.06(\text{jumlah anakan fase berbunga}) + 0.05(\text{umur berbunga 100\%}) + 0.01(\text{jumlah gabah isi per malai}) + 0.1(\text{panjang leher malai})$ (Tabel 3). Model tersebut dinilai sesuai (*fit*) dengan nilai P 0.00 ($P < 0.05$). Nilai koefisien determinasi (R^2) menunjukkan bahwa 75.92% keragaman

Tabel 2. Karakter agronomi dan morfologi galur-galur padi terpilih

Galur	TT	JAP	UB	UM	Gabsi	Gham	B1,000	PM	PLM	Glg	Krg	Yield
12	91.2	10.0	96.3	119.5	82.5	49.7	19.6	27.0	-0.3	4.3	0.7	3.05
16	96.4	10.7	89.8	114.3	78.4	84.0	19.6	24.3	-0.9	5.6	1.5	2.26
25	109.1	11.0	98.3	115.5	75.7	10.8	21.5	24.0	0.0	8.3	1.7	4.02
30	88.4	9.3	87.8	112.3	120.7	92.1	20.5	27.9	-2.2	3.6	1.5	2.97
31	94.4	12.8	83.3	121.8	101.0	95.5	24.1	29.0	-1.2	5.8	1.0	2.41
44	90.7	12.7	87.8	110.3	68.2	64.3	20.0	26.9	0.4	5.6	1.5	2.97
48	98.8	10.1	92.3	116.8	82.1	28.6	21.3	26.4	1.4	3.9	1.0	3.39
56	96.9	9.8	85.8	111.3	70.6	88.8	24.5	27.2	1.7	1.6	1.5	2.41
60	97.1	10.1	89.3	114.8	90.8	57.1	21.6	25.8	1.2	3.9	1.0	3.33
77	94.9	9.3	87.8	112.3	93.3	101.1	25.2	30.6	-4.1	1.6	1.5	2.23
IR20	82.6	10.4	91.4	119.2	75.9	52.5	17.2	24.7	-1.0	5.0	6.2	1.09
Sal	95.8	4.2	76.2	96.0	60.7	31.0	22.4	19.8	3.1	1.4	1.8	2.2
In30	81.2	8.6	90.2	109.6	63.9	40.35	21.9	23.18	-0.4	2.8	1.6	1.53
BNT	24.6	8.8	15.7	22.7	61.0	103.5	4.3	5.6	3.5	6.0	5.8	1.38

Keterangan: Nilai yang ditampilkan adalah nilai *adjusted* berdasarkan analisis *augmented design*. BNT = beda nyata terkecil; Galur 12 = 13983E-KA-12-2; Galur 16 = B13926E-KA-13; Galur 25 = B13507E-MR-19; Galur 30 = B14366E-KY-50; Galur 31 = B14366E-KY-37; Galur 44 = IR86384-46-3-1-B; Galur 48 = BP20452e-PWK-0-SKI-1-1; Galur 56 = BP20452e-PWK-0-SKI-2-4; Galur 60 = BP20452e-PWK-0-SKI-3-3; Galur 77 = BP29790d-PWK-3-SKI-1-5; Sal = Salumpikit; In30 = Inpari30; TT = tinggi tanaman hingga malai tertinggi; JAP = jumlah anakan produktif; UB = umur berbunga 100%; UM = umur masak; Gabsi = Jumlah gabah isi per malai; Gham = jumlah gabah hampa per malai; B1,000 = bobot 1,000 butir; PM = panjang malai; PLM = panjang leher malai; Glg = skor menggulung; Krg = skor mengering; Yield = produktivitas

Tabel 3. Karakter-karakter penduga (X) pada model regresi untuk menduga hasil tanaman padi (Y) pada kondisi kekeringan di rumah kaca

Karakter	Koefisien regresi	SE
TTveg1	-0.03	0.01
TTmalai	0.04**	0.01
JAveg1	0.22**	0.05
JAveg2	-0.11**	0.03
JAFl	0.06	0.04
UB100	0.05**	0.01
Gabsi	0.01**	0.00
PLM	0.10**	0.10
Intercept	-6.20**	1.09

Keterangan: *,** nyata pada taraf 5% dan 1%, $R^2 = 0.7592$; TTveg1 = tinggi tanaman vegetatif awal; TTmalai = tinggi tanaman hingga malai tertinggi; JAveg1 = Jumlah anakan pada fase vegetatif awal; JAveg2 = jumlah anakan pada fase vegetatif akhir; JAFl = jumlah anakan pada saat berbunga; UB100 = umur berbunga 100%; Gabsi = jumlah gabah isi per malai; PLM = panjang leher malai

hasil dapat dijelaskan oleh model. Asumsi kenormalan data terpenuhi berdasarkan uji kenormalan dengan metode Saphiro-Wilk ($P = 0.5313$). Berdasarkan nilai P dan R^2 yang diperoleh, model regresi yang diperoleh dinilai cukup baik untuk menduga hasil tanaman padi pada kondisi tercekam kekeringan di rumah kaca. Menurut Steel dan Torrie (1997) nilai R^2 pada dasarnya menunjukkan persentase sumbangan pengaruh variabel independen secara bersamaan terhadap variabel dependen (Y). Beberapa penelitian lebih banyak menunjukkan hubungan antara karakter generatif terhadap hasil sebagaimana yang dilaporkan Janwan *et al.* (2013) bahwa hubungan antara beberapa karakter malai dengan hasil memiliki nilai R^2 sebesar 84.3%, sedangkan Ghaffar dan Ghorbanali (2012) melaporkan bahwa hubungan antara jumlah malai dengan hasil memiliki R^2 sebesar 56.4%.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat keragaman yang tinggi pada karakter bobot 1,000 butir, panjang leher malai dan produktivitas. Nilai heritabilitas yang tinggi ditunjukkan pada karakter bobot 1,000 butir (72.15%), panjang leher malai (70.74%) dan skor mengering (56.05%). Terdapat korelasi positif dengan semua karakter yang diamati kecuali pada karakter jumlah gabah hampa, skor menggulung dan skor mengering. Hasil seleksi diperoleh sepuluh galur yang adaptif terhadap cekaman kekeringan fase generatif yaitu B13983E-KA-12-2, B13926E-KA-1, B13507E-MR-19, B14366E-KY-50, B14366E-KY-37, IR86384-46-3-1-B, BP20452e-PWK-0-SKI-1-1, BP20452e-PWK-0-SKI-2-4, BP20452e-PWK-0-

SKI-3-3, dan BP29790d-PWK-3-SKI-1-5. Galur B13507E-MR-19 (galur 25) memiliki produktivitas tertinggi yaitu 4.02 ton ha⁻¹. Hasil pada kondisi cekaman kekeringan di rumah kaca dapat diprediksi melalui suatu model regresi yang melibatkan tinggi tanaman fase vegetatif awal, tinggi tanaman hingga malai tertinggi, jumlah anakan fase vegetatif awal, jumlah anakan fase vegetatif akhir, jumlah anakan fase berbunga, umur berbunga 100%, jumlah gabah isi per malai, dan panjang leher malai. Model tersebut mampu menjelaskan 75.92% keragaman hasil. Galur-galur potensial dan model regresi yang diperoleh diharapkan dapat berkontribusi dalam perakitan varietas padi adaptif cekaman kekeringan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pertanian yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Beasiswa Petugas Belajar TA 2018. Terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Untung Susanto yang telah memberikan sebagian materi pemuliaannya sebagai materi genetik yang digunakan dalam penelitian ini, serta kepada Ahmad dan Zaqiah M. Hikmah, SP yang telah banyak membantu dalam melakukan pemeliharaan tanaman dan pengamatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Acquaah, G. 2012. Principles of Plant Genetics and Breeding (2nd ed.). Oxford, UK: Wiley-Blackwell A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, GB.
- Ahadiyat, Y.R., P. Hidayat, U. Susanto. 2014. Drought tolerance, phosphorus efficiency and yield characters of upland rice lines. *Emir J. Food Agric.* 26:25-34.
- Akbar, M.R., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, W.B. Suwarno. 2018. Penentuan indeks seleksi toleransi kekeringan galur dihaploid padi sawah tadah hujan pada fase perkecambahan. *J. Agron. Indonesia* 46:133-139.
- Akram, H.M., A. Ali, A. Sattar, H.S.U. Rehman, A. Bibi. 2013. Impact of water deficit stress on various physiological and agronomic traits of three basmati rice (*Oryza sativa* L.) cultivar. *J. Animal Sci.* 23:1415-1423.
- Arif, A.B., L.Oktaviana, S. Sujiprihati, M. Syukur. 2014. Pendugaan parameter genetik karakter umur panen dan bobot per buah pada persilangan cabai besar dan cabai rawit (*Capsicum annum* L.). *Bul. Plasma Nutraf* 20:11-18.
- Barmawi, M.A. Yushardi, N. Sa'diyah. 2013. Daya waris dan harapan kemajuan seleksi karakter agronomi kedelai generasi F2 hasil persilangan antara *Yellow Bean* dan *Taichung*. *J. Agrotek. Tropika* 1:20-24.

- Berger, J., J. Palta, V. Vandez. 2016. Review: an integrated framework for crop adaptation to dry environments: responses to transient and terminal drought. *Plant Sci.* 253:58-67.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Indonesia 2018. Badan Pusat Statistik, ID.
- Effendy, Respatijarti, B. Waluyo. 2018. Keragaman genetik dan heritabilitas karakter komponen hasil dan hasil ciplukan. *J. Agro.* 5:30-38.
- Ghaffar, K., N. Ghorbanali. 2012. Correlation and path coefficient studies in F_2 populations of rice. *Notulae Sci. Biol.* 4:124-127.
- Han, B., J. Wang, Y. Li, X. Ma, S. Jo, D. Cui, Y. Wang, D. Park, Y. Song, G. Cao, X. Wang, J. Sun, D. Shin, L. Han. 2018. Identification of quantitative trait loci associated with drought tolerance traits in rice (*Oryza sativa* L.) under PEG and field drought stress. *Euphytica.* 214:74.
- Hapsari, R.T., M.M. Adie. 2010. Pendugaan parameter genetik dan hubungan antar komponen hasil kedelai. *J. Pen. Pert. Tan. Pangan.* 29:18-23.
- [IRRI] International Rice Research Institute. 2014. Standard Evaluation System for Rice. Los Banos. PH.
- Janwan, M., T. Sreewongchai, P. Sripichitt. 2013. Rice breeding for high yield by advanced single seed descent method of selection. *J. Plant Sci.* 8:24-30.
- Kumar, A., S. Dixit, T. Ram, R.B. Yadaw, K.K. Mishra, N.P. Mandal. 2014. Breeding high-yielding drought-tolerant rice: genetic variations and conventional and molecular approach. *J. Exp. Bot.* 65:6265-6278.
- Lyndon, R.F. 1990. *Plant Development: The Cellular Basis.* Unwim Hyman Ltd, GB.
- Maisura, M.A. Chozin, I. Lubis, A. Junaedi, H. Ehara. 2014. Some physiological character responses of rice under drought conditions in a paddy system. *J. Int. Soc. Southeast Asian Agric. Sci.* 20:104-114.
- Napisah, K. 2016. Produktivitas beberapa varietas unggul baru melalui penerapan pengelolaan tanaman terpadu (PTT) di Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan. hal. 275-279. *Dalam* Muslimin, E.S. Rohaeni, A. Noor, Suryana, R. Galib, N. Amali, A. Gazali, H. Susanti, L.N. Hasanah (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian.* Banjarbaru 20 Juli 2016.
- Pandey, V., A. Shukla. 2015. Acclimation and tolerance strategies of rice under drought stress. *Rice Sci.* 22:147-161.
- Palit, E.J., N.S. Ai, F.R. Mantiri. 2015. Pelayuan daun pada padi lokal Sulut saat kekeringan. *J. MIPA Unsrat.* 4:120-124.
- Safitri, H., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, B. Abdullah. 2011. Korelasi dan sidik lintas karakter fenotipik galur-galur padi haploid ganda hasil kultur antera. *Widyaiset.* 14:296-304.
- Steel, R.G.D., J.H. Torrie. 1997. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach.* McGraw-Hill.
- Sujinah, A. Jamil. 2016. Mekanisme respon tanaman padi terhadap cekaman kekeringan dan varietas toleran. *Iptek Tan. Pangan.* 11:1-8.
- Xangsayasane, P., B. Jongdee, G. Pantuwan, S. Fukai, J.H. Mitchell, P. Inthapanya, D. Jothiyangkoon. 2014. Genotypic performance under intermittent and terminal drought screening in rainfed lowland rice. *Field Crops Res.* 156:281-292.